

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145020

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/02
21/324
27/12
// H 0 1 L 21/316

識別記号

F I

H 0 1 L 21/02 B
21/324 X
27/12 Z
21/316 P

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-318896

(22) 出願日 平成 9 年(1997)11月 5 日

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

(72) 発明者 阿賀 浩司

群馬県安中市磯部 2 丁目13番 1 号 信越半
導体株式会社半導体磯部研究所内

(72) 発明者 小林 徳弘

群馬県安中市磯部 2 丁目13番 1 号 信越半
導体株式会社半導体磯部研究所内

(72) 発明者 三谷 清

群馬県安中市磯部 2 丁目13番 1 号 信越半
導体株式会社半導体磯部研究所内

(74) 代理人 弁理士 好宮 幹夫

(54) 【発明の名称】 S O I ウェーハの熱処理方法および S O I ウェーハ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 S O I 層及び埋め込み酸化膜がエッチングされることなく、水素アニール法によって、S O I ウェーハの S O I 層の C O P を消滅させることができる熱処理方法を提供する。

【解決手段】 S O I ウェーハを還元性雰囲気中で熱処理する方法において、急速加熱・急速冷却装置を用いて 1 1 0 0 ~ 1 3 0 0 ℃ の温度範囲で、1 ~ 6 0 秒間熱処理をする S O I ウェーハの熱処理方法であり、前記還元性雰囲気を 1 0 0 % 水素雰囲気、或は水素とアルゴンの混合雰囲気とし、熱処理時間を好ましくは 1 ~ 3 0 秒とする。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 SOIウエーハを還元性雰囲気中で熱処理する方法において、急速加熱・急速冷却装置を用いて1100～1300℃の温度範囲で、1～60秒間熱処理をすることを特徴とするSOIウエーハの熱処理方法。

【請求項2】 前記還元性雰囲気を、100%水素雰囲気、あるいは水素とアルゴンの混合雰囲気とすることを特徴とする請求項1に記載したSOIウエーハの熱処理方法。

【請求項3】 熱処理時間を、1～30秒とすることを特徴とする請求項1または請求項2に記載したSOIウエーハの熱処理方法。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載した熱処理を加えたSOIウエーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はSOIウエーハの熱処理方法に関し、特にSOI層及び埋め込み酸化膜がエッチングされることなく、SOI層表面のCOP密度を低減させることができる熱処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】SOI (Silicon on Insulator) ウエーハの表面粗さを改善する技術として、SOIウエーハを好ましくは500～1200℃、200 Torr以下の還元性雰囲気中で熱処理すると表面粗さが改善されることが提案されている(特開平5-217821号公報参照)。例えば、SOIウエーハを水素雰囲気中、950℃、80 Torr以下で熱処理するとSOI層表面粗さが20 nmから1.5 nmに改善されるとしている。

【0003】この場合、SOIウエーハのSOI層はエピタキシャル層から作製されたものである。一方、CZ法(チョクラルスキー法)により製造されたシリコンウエーハをSOI層としたSOIウエーハの場合、本発明者らの実験によると、このような従来の方法で、1150℃で180分という高温で長時間の水素アニールを行うと、SOIウエーハの活性層(SOI層)のシリコンは約0.5 μmエッチングされると共に、埋め込み酸化膜にエッチピットが生じることが判ってきた。このことは、SOI層にCOP (Crystal Originated Particle) のような欠陥があり、それが下地の酸化膜まで繋がっていると、COPは消滅せずにそのまま残るか、拡大することもあると共に、欠陥を通して侵入した水素によって埋め込み酸化膜までもエッチングされてしまい、ここにピットが形成され、その近傍の活性層にも影響を及ぼしているという不利な現象が生じていることが分かった。

【0004】そこで、このような現象の解決策として、SOI層を0.5 μmより厚くして、熱処理をすること

2

を提案しているが(特願平8-257757号参照)、この方法では0.5 μm以下のSOI層を得るためには、熱処理後さらにSOI層を薄膜化する工程が必要になるという欠点がある。

【0005】また、シリコンウエーハにSiエピタキシャル層を成長させた後、結合し、エピタキシャル層をSOI層とする方法が提案されているが、この方法では欠陥は確実に消滅するものの、著しいコストの上昇は避けられない。

10 【0006】さらに、上記した従来の水素アニール法では、少なくとも高温熱処理に1時間以上必要であるとしており、生産性が低いという問題があると共に、熱処理炉についても、いわゆる縦型炉によるバッチ方式で熱処理を行なうため、大量の水素を流さなければならず、それに伴い危険性も増すという不利があった。

【0007】一方、近年デバイス工程において歩留まりを低下させる原因としてもCOPの存在が挙げられている。COPとは、結晶成長時に導入される結晶欠陥のひとつであり、正八面体構造の欠陥であることがわかっている。このCOPは、鏡面研磨後のシリコンウエーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄すると、ウエーハ表面にピットが形成され、このウエーハをパーティクルカウンターで測定すると、ピットも本来のパーティクルとともにパーティクルとして検出される。このようなピットを本来のパーティクルと区別するためにCOPと呼称されている。

【0008】そして、SOIウエーハのSOI層に存在するCOPは、電気的特性を劣化させる原因となる。例えば、デバイスの重要な電気的特性である信頼性試験、なかでも酸化膜の経時絶縁破壊特性(Time Dependent Dielectric Breakdown: TDDb)は、COPと関係があり、これを向上させるためにはCOPを減少させることが必要となっている。

【0009】また、通常の酸化膜耐圧(Time Zero Dielectric Breakdown: TZDB)にも影響を及ぼしているといわれている。さらに、COPはデバイス工程においても悪影響を及ぼしているといわれている。つまりSOIウエーハ表面にCOPがあると、配線工程で段差が生じ、断線の原因となり、歩留まりの低下を導くというものである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明はこのような問題点を鑑みなされたもので、本発明の目的とするところは、SOI層及び埋め込み酸化膜がエッチングされることなく、従って、ピットを形成させることなく、水素アニール法によってSOI層のCOPを消滅させることができる熱処理方法を提供することにある。そして、これによって酸化膜耐圧のみならず、信頼性試験その他の電気特性を改善するとともに、生産性の向上、

50

水素ガスの少量化、コストダウン等を達成しようとするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の請求項1に記載した発明は、SOIウエーハを還元性雰囲気中で熱処理する方法において、急速加熱・急速冷却装置を用いて1100～1300℃の温度範囲で、1～60秒間熱処理をすることを特徴とするSOIウエーハの熱処理方法である。ここで、急速加熱・急速冷却とは、前記温度範囲に設定された熱処理炉中にウエーハを直ちに投入し、前記熱処理時間の経過後、直に取り出す方法や、ウエーハを熱処理炉内の設定位置に設置した後、ランプ加熱器等で直ちに加熱処理する方法である。この直ちに投入し、取り出すというのは、従来より行われている一定時間での昇温、降温操作や熱処理炉内にウエーハを、ゆっくり投入し、取り出すいわゆるローディング、アンローディング操作を行わないということである。ただし、炉内の所定位置まで運ぶには、ある程度の時間を有するのは当然であり、ウエーハを投入するための移動装置の能力に従い、数秒から数分間で行われる。

【0012】このように、シリコンウエーハを急速加熱・急速冷却装置(Rapid Thermal Annealer、以下、RTA装置という)を用いて還元性雰囲気下で、従来法に比較しより高い温度範囲で短時間に熱処理をすれば、SOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされことなく、しかも、COPを大幅に減少することができ、酸化膜耐圧のみならず、信頼性試験等の電気特性も改善することができる。

【0013】この場合、熱処理の雰囲気としては、還元性雰囲気とし、100%水素雰囲気、あるいは水素とアルゴンの混合雰囲気とすればCOP減少効果が大きいと共に、SOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされないのが好ましい(請求項2)。

【0014】また、本発明では、熱処理時間を、1～30秒と、従来法に比較しさらに短時間化を図ることができる。高温で熱処理するため30秒も熱処理をすれば十分にCOPを減少させることができるし、処理時間が短いためSOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされないからである(請求項3)。

【0015】そして、上記請求項1ないし請求項3に記載した熱処理を加えたSOIウエーハのSOI層のCOP密度が、例えば10個/cm²であったものが0.1個/cm²にまで減少し、SOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされないSOIウエーハが得られるので、デバイス特性が向上し、歩留も向上する等きわめて有用なSOIウエーハとなる(請求項4)。

【0016】以下、本発明につきさらに詳細に説明する。本発明者らは、SOIウエーハのSOI層表面に存在するCOPの密度を減少させると共に、SOI層も埋

め込み酸化膜もエッチングされない熱処理条件につき、種々実験、調査を重ねた結果、これには還元性雰囲気下、従来技術より高い温度範囲で極短時間の熱処理をすれば、COPの密度が減少し、SOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされない。従って、ビットの形成もないSOIウエーハを得ることができることを知見し、本発明を完成させたものである。

【0017】すなわち、SOIウエーハを急速加熱・急速冷却装置(RTA装置)を用いて、熱処理を水素濃度100%あるいは水素とアルゴンとの混合の還元性雰囲気下で、1100℃～1300℃の温度範囲で1秒～60秒間、好ましくは1～30秒間滞在させることでCOPを著しく減少させることができる。特に、この熱処理条件によればSOIウエーハのCOP密度を実質的に零にすることも可能である。そして、SOIウエーハのSOI層表面のCOPの密度が約1個/cm²以下にすることができれば、酸化膜耐圧のみならず経時絶縁破壊特性(TDDDB)といった電気特性の値も向上する。さらに、このように本発明により作製されたSOIウエーハは、SOI層も埋め込み酸化膜も殆どエッチングされず、熱処理前の膜厚を保っているので、所望のSOIウエーハ本来のデバイス特性を発揮することができる。

【0018】そして、急速加熱・急速冷却できる装置を使用することで、急速加熱・急速冷却できることとなり短時間で熱処理できることにより量産性が向上するとともに、水素ガスの使用量も節約できるようになり、作業の安全性も確保することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。まず、本発明で用いられる、SOIウエーハを急速加熱・急速冷却できる装置としては、熱放射によるランプ加熱器のような装置を挙げることができる。また、その他市販されているものとして、例えばAST社製、SHS-2800のような装置を挙げることができ、これらは特別複雑で高価なものではない。

【0020】ここで、本発明で用いたSOIウエーハを急速加熱・急速冷却できる装置の一例を示す。図3は、急速加熱・急速冷却できる装置の概略断面図である。図3の熱処理装置10は、例えば炭化珪素あるいは石英からなるベルジャ1を有し、このベルジャ1内でウエーハを熱処理するようになっている。加熱は、ベルジャ1を囲繞するように配置される加熱ヒータ2、2'によって行う。この加熱ヒータは上下方向で分割されており、それぞれ独立に供給される電力を制御できるようになっている。もちろん加熱方式は、これに限定されるものではなく、いわゆる輻射加熱、高周波加熱方式としてもよい。加熱ヒータ2、2'の外側には、熱を遮蔽するためのハウジング3が配置されている。

【0021】炉の下方には、水冷チャンバ4とベースプ

5

レート5が配置され、ベルジャ1内と、外気とを封鎖している。そしてウエーハ8はステージ7上に保持されるようになっており、ステージ7はモータ9によって上下動自在な支持軸6の上端に取りつけられている。水冷チャンバ4には横方向からウエーハを炉内に出し入れできるように、ゲートバルブによって開閉可能に構成される不図示のウエーハ挿入口が設けられている。また、ベースプレート5には、ガス流入口と排気口が設けられており、炉内ガス雰囲気調整できるようになっている。

【0022】以上のような熱処理装置10によって、S O I ウエーハの急速加熱・急速冷却する熱処理は次のように行われる。まず、加熱ヒータ2、2'によってベルジャ1内を、例えば1100℃～1300℃の所望温度に加熱し、その温度に保持する。分割された加熱ヒータそれぞれを独立して供給電力を制御すれば、ベルジャ1内を高さ方向に沿って温度分布をつけることができる。したがって、ウエーハの処理温度は、ステージ7の位置、すなわち支持軸6の炉内への挿入量によって決定することができる。

【0023】ベルジャ1内が所望温度で維持されたなら、熱処理装置10に隣接して配置される、不図示のウエーハハンドリング装置によってS O I ウエーハを水冷チャンバ4の挿入口から入れ、最下端位置で待機させたステージ7上に例えばSiCボートを介してウエーハを乗せる。この時、水冷チャンバ4およびベースプレート5は水冷されているので、ウエーハはこの位置では高温化しない。

【0024】そして、ウエーハのステージ7上への載置が完了したなら、すぐにモータ9によって支持軸6を炉内に挿入することによって、ステージ7を1100℃～1300℃の所望温度位置まで上昇させ、ステージ上のS O I ウエーハに高温熱処理を加える。この場合、水冷チャンバ4内のステージ7下端位置から、所望温度位置までの移動には、例えば20秒程度しかかからないので、S O I ウエーハは急速に加熱されることになる。

【0025】そして、ステージ7を所望温度位置で、所定時間停止（1～60秒）させることによって、ウエーハに停止時間分の高温熱処理を加えることができる。所定時間が経過し高温熱処理が終了したなら、すぐにモータ9によって支持軸6を炉内から引き抜くことによって、ステージ7を下降させ水冷チャンバ4内の下端位置とする。この下降動作も、例えば20秒程度で行うことができる。ステージ7上のウエーハは、水冷チャンバ4およびベースプレート5が水冷されているので、急速に冷却される。最後に、ウエーハハンドリング装置によって、ウエーハを取り出すことによって、熱処理を完了する。さらに熱処理するウエーハがある場合には、熱処理装置10の温度を降温させてないので、次々にウエーハを投入し連続的に熱処理をすることができる。

【0026】以上のような、急速加熱・急速冷却の可能

6

な熱処理装置を用い、水素100%雰囲気中で、S O I ウエーハを枚葉式で熱処理を行った。この場合、水素の還元力を調整する、あるいは安全上等の理由からアルゴンとの混合気としてもよい。熱処理の温度条件は1100℃～1300℃の範囲で行ない、処理時間は1～30秒の範囲で実施した。使用S O I ウエーハは、チョクラルスキー法（CZ法）により製造されたシリコンインゴットを、スライスして鏡面加工された、直径8インチ、結晶方位<100>のシリコン単結晶ウエーハ2枚を用い、先ず、S O I 層となる一方のウエーハ（ボンドウエーハ）に酸化膜を形成し、次いで他方のウエーハ（ベースウエーハ）と密着結合した後、ボンドウエーハを薄膜化したものである。

【0027】得られたS O I ウエーハは、熱処理を加える前に予め表面のCOP密度を測定し、その表面に約10個/cm²のCOPが存在している事を確認した。尚、S O I ウエーハのCOP密度は、通常のシリコンウエーハで一般に用いられているパーティクルカウンターを用いた方法では測定できないので、後述のHFディップ法による埋め込み酸化膜の欠陥観察手法を用いて算出した。この手法によれば、少なくともS O I 層を貫通する大きさを有するCOPを、埋め込み酸化膜に形成されたエッチピットとして観察できる。

【0028】こうして熱処理を行った後のS O I 層のCOP密度の熱処理前のS O I 層のCOP密度に対する比率と熱処理温度の関係を図2に示す。この結果からわかるように、1100℃以上、特に1200℃を越えて高温とするほど、また熱処理時間を10秒以上、特に30秒程度長く処理するとCOPが顕著に減少しており、デバイス特性等が著しく改善されることが期待される。そして、熱処理時間としては、30秒も行なえば十分であり、安全も見込んで60秒程度行なってもよいが、それ以上の熱処理を行ってもさらなる改善効果は期待できず、スループットが低下する。

【0029】一方、図1に示したように、従来の熱処理方法である1200℃以下で長時間の熱処理、例えば、水素雰囲気中1100℃で2時間では、COPの密度は9個/cm²となり、ほとんど減少していないことがわかる。これらの事から高温な程、また処理時間1～60秒と急速加熱するほど、表面に存在するCOPの減少効果が大きいことがわかる。

【0030】以上のように、本発明のように従来に比較し、より高温で短時間の熱処理を水素雰囲気中ですることによって、S O I 層も埋め込み酸化膜もエッチングされることなく、COPの密度を減少させる、すなわちCOPを消滅させることができ、その結果、S O I ウエーハの電気特性を、酸化膜耐圧のみならず信頼性試験についても改善することができる。

【0031】以上、詳述したように、本発明で使用した急速加熱・急速冷却装置（RTA装置）がS O I ウエー

7

ハの熱処理に極めて有効であることが判明したが、その作用効果は次のように考えられる。

【0032】すなわち、水素アニールによる埋め込み酸化膜のエッチングは、1000℃程度から顕著に発生するのに対し、COPの消滅は1100℃以上でないと発生しないので、昇温レートの遅い従来の縦型炉のような場合、例えば、目標温度での熱処理時間を短時間に設定しても、目標温度に達するまでの1000～1100℃への昇温にもある程度の時間がかかるので、その間にSOI層を貫通しているCOPを通して水素が侵入し、酸化膜がエッチングされてしまい、COPが消滅する高温になった時点では、既に酸化膜にエッチピットが形成されてしまっているようである。一方、RTA装置の場合は、昇温レートが極めて速く、COPが消滅する温度になるのに要する時間が極めて短いため、SOI層を貫通するCOPが存在するとしても、酸化膜がエッチングされずに高温になり、COPが消滅するものと考えられる。

【0033】ちなみに、従来の縦型炉のような昇温レートの遅い炉であっても、例えば、1100℃までの昇温時には、アルゴン等の不活性ガス雰囲気とし、1100℃以上になってから水素ガスを混合することで、本発明と同様の上記作用効果は得られる。しかし、スループットや水素ガス使用量等の面でRTA装置には劣るものである。

【0034】

【実施例】以下、本発明の実施例と比較例を挙げて具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例)

(1) SOIウエーハの作製

SOIウエーハを作製するための2枚のウエーハは、CZ法で引き上げられた方位〈100〉、直径8インチのシリコンウエーハを用いた。SOI層となるウエーハ(ボンドウエーハ)に酸化膜を0.2μm形成した後、ベースウエーハと密着させ、これに1100℃で2時間の結合熱処理を加えた後、ボンドウエーハを研削・研磨し、さらに気相エッチングを行い、約0.1μmのSOI層を持つSOIウエーハを6枚作製し、2枚を実施例に、4枚を比較例に使用した。

【0035】(2) 還元性雰囲気下における熱処理
熱処理用RTA装置にはAST社製SHS-2800を用い、上記SOIウエーハを水素ガス100%の雰囲気中で、1200℃で10秒の急速加熱・急速冷却熱処理を行った。

【0036】(3) COPの測定(HFディップ法による酸化膜の欠陥観察)

薄いSOI層を有するSOIウエーハをHF50%水溶液に、例えば10分間浸すと、SOI層を貫通する欠陥があれば、これを通して埋め込み酸化膜にHFが到達し

8

て酸化膜がエッチングされ、エッチピットが形成される。酸化膜に形成されるこのエッチピットは、薄いSOI層を透過して光学顕微鏡で観察できる。本実施例における顕微鏡観察は、ウエーハ表面の直径方向にスキャンして、合計約10cm²の領域のピット数を観察した。

【0037】(4) 測定結果

観察されたピットの個数は、それぞれ1個であり、COP密度に換算すると0.1個/cm²であった(図1参照)。また、熱処理後のSOI層の厚みは、0.1μm、埋め込み酸化膜は0.2μmで熱処理前の値と変わらなかった。

【0038】(比較例1) 熱処理装置として従来のバッチ式縦型炉を使用し、熱処理条件を1100℃で2時間とした以外は実施例と同じ条件下にSOIウエーハの処理および測定を行った。この熱処理を行った結果、観察されたピットの個数は、それぞれ86個、93個であり、COP密度は約9個/cm²までしか減少していなかった(図1参照)。また、熱処理後のSOI層の厚みは、0.07μmまでエッチングされており、埋め込み酸化膜は上記COPの存在部でエッチングされ、ピットを形成していた。

【0039】(比較例2) 本発明、比較例1の熱処理前のSOIウエーハの場合、観察されたピットの個数は、それぞれ99個、102個であり、COP密度は、平均10個/cm²であった。

【0040】尚、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0041】例えば、上記実施形態で使用したSOIウエーハは、2枚のシリコン単結晶ウエーハをシリコン酸化膜を介して貼り合わせた、いわゆる貼り合わせSOIウエーハを熱処理する場合について説明したが、本発明はこの場合に限定されるものではなく、シリコンウエーハと絶縁性ウエーハを結合してSOIウエーハとする場合、あるいは、シリコンウエーハをイオン注入したウエーハに結合し、その後注入部で分離してSOIウエーハを製造する方法(スマートカット法と呼ばれる技術)で得たSOIウエーハにも適用することが可能である。

【0042】また、上記実施形態では図3に示したような熱処理装置を用いたが、本発明はこのような装置により行わなければならないものではなく、SOIウエーハを急速加熱・急速冷却することができると熱処理装置で、1100℃以上に加熱することができるものであれば、原則としてどのような装置であっても用いることができる。

【0043】

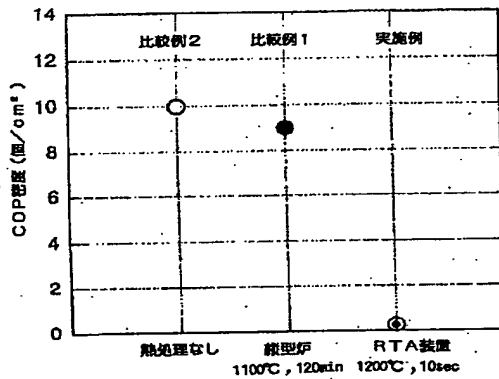
【発明の効果】以上詳述したように、SOIウエーハを急速加熱・急速冷却装置を用いて、還元性雰囲気下で高

温の熱処理をすることにより、SOI層表層部のCOPを著しく低減させることができ、その結果電気特性に優れたSOIウエーハを得ることができる。すなわち、たとえシリコン単結晶の成長中あるいはその後の熱処理によって、ウエーハにCOPが導入されても、本発明の熱処理を施すことによって、COPを消滅させることができると共に、SOI層も埋め込み酸化膜もエッチングされず、熱処理前の膜厚を保っているので、SOIウエーハ本来のデバイス特性を発揮することができる。さらに、従来のバッチ式の熱処理に比べ、枚葉式の急速加熱・急速冷却装置を用いることにより、短時間で処理できるため量産効果も上り、水素ガス使用量も減少するので操業の安全性も確保できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の熱処理前（比較例2）並びに急速加熱・急速冷却装置で熱処理を行った後（実施例）及び従来の技術で熱処理を行った後（比較例1）のCOP密度を*

【図1】



*比較した図である。

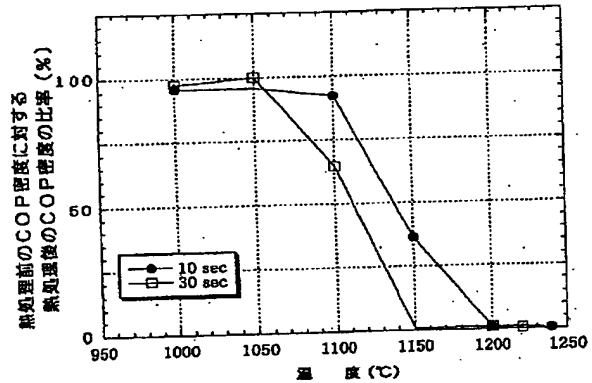
【図2】急速加熱・急速冷却装置で熱処理を行った後のCOP密度と熱処理温度・時間の関係を示した図である。

【図3】SOIウエーハを急速加熱・急速冷却できる装置の一例を示した概略断面図である。

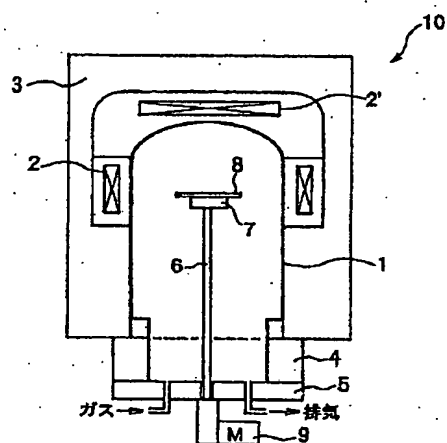
【符号の説明】

- 1…ベルジャ、
- 2, 2'…加熱ヒータ、
- 3…ハウジング、
- 4…水冷チャンバ、
- 5…ベースプレート、
- 6…支持軸、
- 7…ステージ、
- 8…シリコンウエーハ、
- 9…モータ、
- 10…熱処理装置。

【図2】



【図 3】



THIS PAGE BLANK (USPTO)